étude d'une chaufferette

Bac 2023 Métropole Septembre Jour 1 · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q1 Décrire le protocole expérimental permettant de préparer la solution S. Indiquer, en justifiant, les volumes de la verrerie utilisée.

Données utiles volume de solution S à préparer : $V_1 = 50{,}0$ mL ; facteur de dilution : $F = 25$

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté est conservée : $C_0\,V_0 = C_1\,V_1$ avec $C_1 = \dfrac{C_0}{F}$. Le volume de solution mère à prélever est donc

$$V_0 = \frac{V_1}{F} = \frac{50{,}0}{25} = 2{,}0\ \text{mL}$$

Protocole :

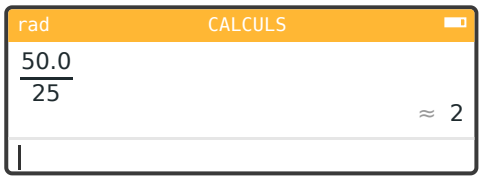
- verser un peu de solution de la chaufferette dans un bécher et en prélever $2{,}0$ mL avec une pipette jaugée de $2{,}0$ mL munie d'une propipette ;
- introduire ce prélèvement dans une fiole jaugée de $50{,}0$ mL ;
- ajouter de l'eau distillée aux deux tiers environ, boucher et agiter ;
- compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et homogénéiser.

Pipette jaugée de $2{,}0$ mL et fiole jaugée de $50{,}0$ mL, car $V_0 = \dfrac{V_1}{F} = 2{,}0$ mL.

PIÈGE
Prélever avec une éprouvette graduée ou directement dans le flacon. Une dilution précise exige de la verrerie jaugée, et le calcul de V_0 fait partie de la justification demandée.

MÉTHODE
Le facteur de dilution est le rapport des deux volumes de verrerie jaugée : $F = \dfrac{V_{\text{fiole}}}{V_{\text{pipette}}}$. On choisit la fiole d'après le volume à préparer, puis on en déduit la pipette.

À LA CALCULATRICE



Q2 Reproduire le tableau et décrire, dans chaque case, l'évolution des concentrations des ions dans le bécher lors de l'ajout d'acide chlorhydrique, avant puis après l'équivalence.

Données utiles réaction support : $CH_3CO_2^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \longrightarrow CH_3CO_2H\,(aq) + H_2O\,(l)$; dilution négligée

Voir le tableau complété ci-dessous.

- Na^+ : ion spectateur présent dès le départ dans le bécher, sa quantité ne varie pas.
- $CH_3CO_2^-$: réactif titré, consommé jusqu'à l'équivalence, puis absent.
- H_3O^+ : réactif titrant, limitant avant l'équivalence (entièrement consommé), en excès ensuite.
- Cl^- : ion spectateur apporté par chaque ajout de solution titrante.

Avant l'équivalence, seul $[Cl^-]$ augmente ; après, $[Cl^-]$ et $[H_3O^+]$ augmentent.

PIÈGE
Oublier que l'acide chlorhydrique apporte autant d'ions Cl^- que d'ions H_3O^+ : $[Cl^-]$ augmente pendant tout le titrage, avant comme après l'équivalence.

Concentration	Avant l'équivalence	Après l'équivalence
$[Na^+]$	reste constante	reste constante
$[CH_3CO_2^-]$	diminue	reste négligeable
$[H_3O^+]$	reste négligeable	augmente
$[Cl^-]$	augmente	augmente

Q2 · Tableau complété (en orange, ce que l'élève écrit)

Q3 En utilisant les conductivités molaires ioniques des espèces présentes, justifier sans calcul l'allure de la courbe de la figure 1.

Données utiles λ en $\mathrm{mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}}$: $\mathrm{H_3O^+}$: 35,0 ; $\mathrm{Cl^-}$: 7,6 ; $\mathrm{Na^+}$: 5,0 ; $\mathrm{CH_3CO_2^-}$: 4,1

La conductivité est la somme des contributions des ions (loi de Kohlrausch) : $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$.

Avant l'équivalence : chaque ion $\mathrm{CH_3CO_2^-}$ consommé est remplacé dans le bécher par un ion $\mathrm{Cl^-}$, et $[\mathrm{Na^+}]$ ne change pas. Comme $\lambda(\mathrm{Cl^-}) > \lambda(\mathrm{CH_3CO_2^-})$, avec des valeurs voisines, σ augmente lentement : droite de faible pente positive.

Après l'équivalence : les ions $\mathrm{H_3O^+}$ et $\mathrm{Cl^-}$ ajoutés ne réagissent plus et s'accumulent. Comme $\lambda(\mathrm{H_3O^+})$ est très élevée, σ augmente beaucoup plus vite : droite de forte pente.

Deux portions de droite croissantes, la seconde bien plus pentue : la rupture de pente marque l'équivalence.

PIÈGE
Expliquer la première partie par la seule disparition de $\mathrm{CH_3CO_2^-}$: on conclurait à tort que σ diminue. Il faut toujours raisonner sur tous les ions, spectateurs compris.

COMPRENDRE
Avant l'équivalence, la pente est proportionnelle à $7{,}6 - 4{,}1 = 3{,}5$; après, à $35{,}0 + 7{,}6 = 42{,}6$, soit environ douze fois plus. C'est bien le rapport des pentes observé sur la figure 1.

Q4 Déterminer, en justifiant à l'aide d'un schéma, la valeur du volume de solution titrante versé à l'équivalence du titrage.

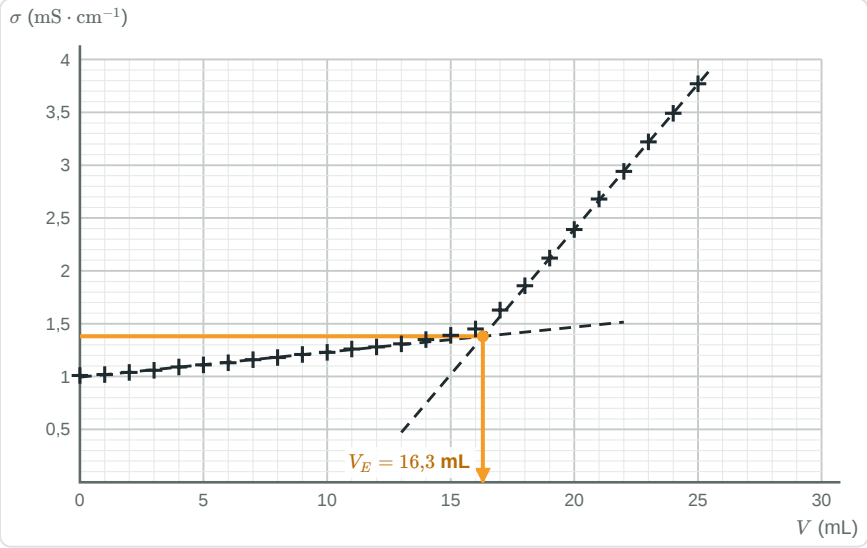
L'équivalence correspond au changement de réactif limitant, donc à la rupture de pente de la courbe $\sigma = f(V)$.

On trace la droite qui passe au plus près des points de la première partie (de 0 à 14 mL environ) et celle qui passe au plus près des points de la seconde partie (à partir de 19 mL environ). L'abscisse de leur point d'intersection est le volume à l'équivalence.

$V_E \approx 16{,}3$ mL

PIÈGE
Relier les points à main levée ou lire V_E sur un point de mesure. Les points proches de l'équivalence (15 à 18 mL) s'écartent des droites : on ne les utilise pas pour les tracer.

COMPRENDRE
La lecture graphique se fait à quelques dixièmes de millilitre près : toute valeur comprise entre 16,0 et 16,5 mL, accompagnée du tracé des deux droites, est acceptable.



Q4 · Figure 1 du sujet : les deux droites modélisant les portions rectilignes se coupent en V_E

Q5 Justifier que la solution contenue dans la chaufferette est sursaturée, c'est-à-dire que sa concentration en masse de soluté est supérieure à sa solubilité s.

Données utiles $C = 2{,}0 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_S = 10{,}0\ \text{mL}$; $V_E = 16{,}3\ \text{mL}$ (Q4) ; $F = 25$; $M = 82{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $s = 365\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support (un pour un) :

$$n(\text{CH}_3\text{CO}_2^-)_{\text{initial}} = n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{versé}} \quad \text{soit} \quad C_S\,V_S = C\,V_E$$

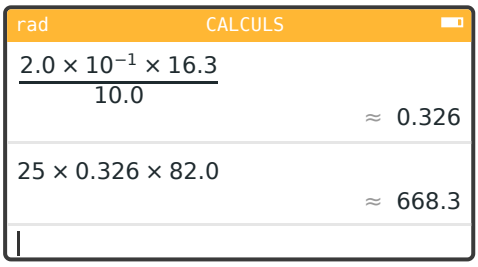
$$C_S = \frac{C\,V_E}{V_S} = \frac{2{,}0 \times 10^{-1} \times 16{,}3}{10{,}0} = 0{,}326\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La solution S a été obtenue en diluant 25 fois celle de la chaufferette, dont la concentration en quantité de matière est $C_0 = F \times C_S$. Sa concentration en masse vaut donc

$$C_m = F \times C_S \times M = 25 \times 0{,}326 \times 82{,}0 = 6{,}7 \times 10^2\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_m \approx 6{,}7 \times 10^2\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} > s = 365\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$: la solution de la chaufferette est sursaturée.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Oublier le facteur 25 : on obtient $27\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, concentration de S et non de la chaufferette. Les 250 mL d'eau du bécher ne changent pas la quantité titrée.

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme C, la donnée la moins précise. La concentration trouvée vaut presque le double de la solubilité : la conclusion ne dépend pas de l'incertitude sur la lecture de V_E.